

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Pneumatický mechanismus přitlaku značkovače hadic

Pneumatic Mechanism of Printhead for Hoses Marking

Student:

Andrzej Zemene

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání bakalářské práce

Student: **Andrzej Zemene**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: **Pneumatický mechanismus přítlaku značkovače hadic**
Pneumatic Mechanism of Printhead for Hoses Marking

Zásady pro vypracování:

Popište způsob výroby hydraulických hadic.
Proveďte rozbor možností provedení přítlaku tiskového kola pro značení hadic. Potřebná síla je do 100 N.
Navrhněte pneumatický obvod, zvolte prvky a prakticky ověřte funkci obvodu.
Nakreslete dispoziční výkres zařízení.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 pp. ISBN 978-3-540-69470-0.
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0.
Katalogy a firemní podklady SMC, Festo, Norgren, Aventics.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2015

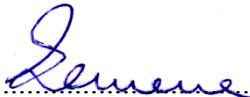

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 18.5.2015


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Andrzej Zemene

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vendryně 1156,73994

Poděkování

„ Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Lukášovi Dvořákovi, Ph.D. za cenné připomínky, odborné rady a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání této bakalářské práce.“

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ZEMENE, A. *Pneumatický mechanismus přítlaku značkovače hadic: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2015, 46 s. Vedoucí práce: Dvořák, L.

Tato bakalářská práce se soustřeďuje na výrobu hydraulických hadic. Popsal jsem jednotlivé kroky jejich výroby. Důležitou částí výroby hydraulických hadic je jejich přehledné označení. Praktická část se věnuje právě změně mechanismu přítlaku značkovače hadic. Původní gravitační přítlak jsem nahradil pneumatickým obvodem s požadovanými vlastnostmi. Nejdříve jsem navrhnul dva možná řešení problému a následně vybral vhodnější. Pro zvolené řešení jsem navrhnul schéma obvodu a jeho jednotlivé prvky. Na závěr jsem vypracoval dispoziční výkres zařízení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ZEMENE, A. *Pneumatic Mechanism of Printhead for Hose Marking: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2015, 46 p. Thesis head: Dvořák, L.

This bachelor thesis is focused on hydraulic hose making. I described, step by step, how they are produced. Important part of hose production is their clear label. Practical part deal with replacing pneumatic mechanism of printhead for hose marking. I suggested solution to replacing original gravitational mechanism with pneumatic mechanism with required properties. First I suggested two possible solutions for solving this problem and then I choose better one. To chosen solution I made pneumatic scheme and I chose individual elements. In conclusion i made layout drawing of mechanism.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
1. Úvod.....	9
2. Způsob výroby hydraulických hadic	10
2.1 Trn, prut	10
2.2 Duše	11
2.3 Oplet, výztuž	12
2.4 Obal hydraulické hadice.....	13
2.5 Vulkanizace.....	14
2.6 Testování hadic	16
2.7 Armování hadic.....	16
3. Rozbor možností provedení přitlaku tiskového kola pro značení hadic.....	18
3.1 Popis řešeného problému	18
3.2 Typy pohonů pro řešení přitlaku kotouče	19
3.2.1 Přímočarý motor s pístnicí	19
3.2.2 Kyvný pneumatický motor.....	23
3.3 Porovnání řešení s přímočarým a kyvným motorem	26
4. Návrh přitlačného zařízení	27
4.1 Schéma obvodu	27
4.2 Výpočet a volba pneumatického motoru (A1).....	28
4.3 Výpočet hmotnosti přitlačného kotouče s uchycením.....	30
4.4 Kontrola zasunutí motoru do horní polohy	34
4.5 Volba proporcionálního pneumatického ventilu (1V1).....	35
4.6 Volba redukčního ventilu (1V2)	38
4.7 Volba 3/2 elektricky řízeného rozvaděče (0V1).....	38
4.8 Volba jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu (0Z1)	39
4.9 Popis konstrukce přitlačného zařízení.....	40
5. Praktické ověření funkčnosti navrženého obvodu	41
6. Závěr	43
7. Seznam použité literatury.....	44
8. Seznam příloh	46

Seznam použitých značek a symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
$a_1, b_1, c_1, a_{2,3}, b_{2,3}$	Rozměry „U“ profilu	[m]
b_{kot}	Šířka přitlačného kotouče	[m]
D	Průměr válce	[m]
d	Průměr pístnice	[m]
D_{kot}	Průměr přitlačného kotouče	[m]
F_c	Celková síla	[N]
F_{kot}	Tíhová síla kotouče a „U“ profilu	[N]
F_s	Tlaková síla	[N]
F_t	Třecí síla	[N]
$m_1, m_{2,3}$	Hmotnosti „U“ profilu	[kg]
$m_{celková}$	Hmotnost přitl. kot. a „U“ profilu	[kg]
m_{kot}	Hmotnost kotouče	[kg]
m_U	Celková hmotnost „U“ profilu	[kg]
p_1	Rozdíl tlaků	[MPa]
p_{kot}	Tlak pro zasunutí motoru	[MPa]
p_{rv}	Tlak na redukčním ventilu	[MPa]
$p_{systém}$	Tlak v systému	[MPa]
$V_1, V_{2,3}$	Objemy „U“ profilu	[m ³]
V_{kot}	Objem přitlačného kotouče	[m ³]
α	Součinitel tření	[1]
π	Konstanta pí	[1]
ρ_{ocel}	Hustota oceli	[kg.m ⁻³]
E/P	Elektro-pneumatický převodník	
0Z1	Jednotka pro úpravu vzduchu	
0V1	3/2 elektromagneticky ovládaný ventil	
1V1	Elektro-pneumatický převodník	
1V2	Redukční ventil	
1A	Přímočarý pneumatický motor	

1. Úvod

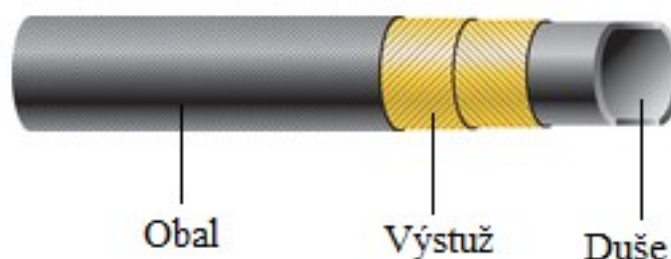
Hydraulické hadice se používají v hydraulických systémech v místech, kde není vhodné aplikovat ocelové trubky. Dopravují kapalinu o vysokých tlacích. Tím přenášejí tlak po celém hydraulickém systému. Právě vysoký tlak je důvod, proč výroba hydraulických hadic je v dnešní době pořád zdokonalována. Klade se hlavně důraz na bezpečnost a trvanlivost hydraulických hadic. Jsou vyráběny především z pryže a ocelových opletů pro zpevnění. Na dílně jsou pak nařezány na požadovanou délku a nalisují se koncovky armovacím lisem. Koncovky pak slouží pro napojení hadice na hydraulický systém. Armování je taky velice důležité a je ho potřeba dělat pečlivě, jinak hydraulická hadice nemusí správně těsnit, nebo, v horším případě, může z koncovky vystřelit a ohrozit tak zdraví pracovníků.

U výrobního procesu hydraulických hadic se hlídá mnoho parametrů, mezi které patří například spojení pryže a kovu, pevnost drátů ocelového opletu, soustřednost a v neposlední řadě vnější i vnitřní průměr hadice. Dalším, důležitým krokem ve výrobě jsou popisky hadic. Každá hadice má jiné vlastnosti. Můžou mít různé úpravy povrchu - protiotěrová, nehořlavá. Můžou mít různé elastické vlastnosti a teplotní rozsahy použití. Pro snadnou orientaci v těchto parametrech se na hydraulické hadice tisknou různé potisky v podobě názvů, barevných čar, nebo kódů. Tyto potisky se u různých výrobců liší.

V první fázi bakalářské práce se budu věnovat samotné výrobě hadic. Pak podle zadání navrhnu různé typy řešení pro návrh pneumatického přitlaku potiskovače hadic. Navrhnu pneumatický obvod společně s prvky, který prakticky otestujeme v laboratoři. Podle toho, který typ řešení bude vhodnější, provedu finální výpočty a shrnutí.

2. Způsob výroby hydraulických hadic

Jak jsem se již zmínil v úvodu, výroba hydraulických hadic je řada za sebou jdoucích operací a každá z nich je velmi důležitá. Klasická hydraulická hadice je ze syntetické pryže, která je z důvodu udržení tlaku vyztužena drátěným ocelovým, nebo textilním opletem. Samotný oplet pak musí být odizolován proti okolním vlivům. Izolační vrstva je rovněž ze syntetické pryže. Každý prvek a jednotlivý postup výroby popíšu níže.



Obr. 2. 1 Konstrukce Hydraulické Hadice [1].

2.1 Trn, prut

Hadice se obecně vyrábějí třemi způsoby- beztrnovým, s flexibilním trnem a s tuhým trnem jak je popsáno v knize Hose Handbook [4]. Hydraulické hadice se vyrábí technologií trnovou. Tomu se podrobně věnuje Robert Josiek ve své diplomové práci [7]. Já uvedu základní principy a metody trnové technologie.

Podle pracovního tlaku a velikosti hadice se pak volí trn flexibilní nebo tuhý. Trny proto tvoří velmi důležitou součást výroby hydraulických hadic. Jsou to dlouhé, velice precizně vyrobené trny (pruty) z různých materiálů. Jako materiál se používá třeba polypropylen, polyamid (nylon), ocel. Polypropylen je levnější oproti polyamidu, ale má menší pružnost a používá se hlavně pro výrobu hadic menších průměrů (do 25 mm). Na tyto trny jsou pak dalšími technologickými procesy nanášeny jednotlivé vrstvy hydraulických hadic, ale přímo s trnem přichází do styku duše. Trny jsou v průběhu výroby

velmi namáhány, vydrží zpravidla 10 až 20 cyklů, podle materiálu. Je proto potřeba je pravidelně kontrolovat, především jejich průměr a mechanické poškození. Když jsou již nepoužitelné, z ekonomických důvodů se recyklují. Trny se rozdrtí a vyrobí se nové



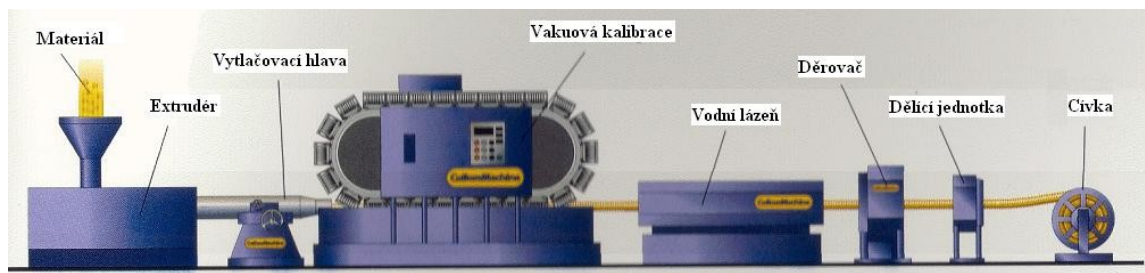
Obr. 2. 2 Příklady trnů firmy Bell UK [2].

2.2 Duše

Při výrobě hydraulické hadice je duše nanášena přímo na trn. Po výrobním procesu je právě duše ta část, která je ve styku s dopravovanou kapalinou. Chemická odolnost a vlastnost materiálu duše se liší podle požadavků na použití hadice. V hydraulických systémech je to hlavně syntetická olejivzdorná pryž.

Výroba samotné duše pro hydraulické hadice se provádí vytlačováním. Je to druh technologické operace. Princip spočívá v převedení materiálu na plastický a následně vytlačení taveniny na požadovaný tvar. S těmito procesy jsem se seznámil ve skriptech Technologie II Technické univerzity v Liberci [3].

V případě duše je profil dané tloušťky vytlačován na povrch trnu. Důležitá operace výtlačné linky je ochlazování, aby nedošlo k vulkanizaci a tím změně vlastností duše.



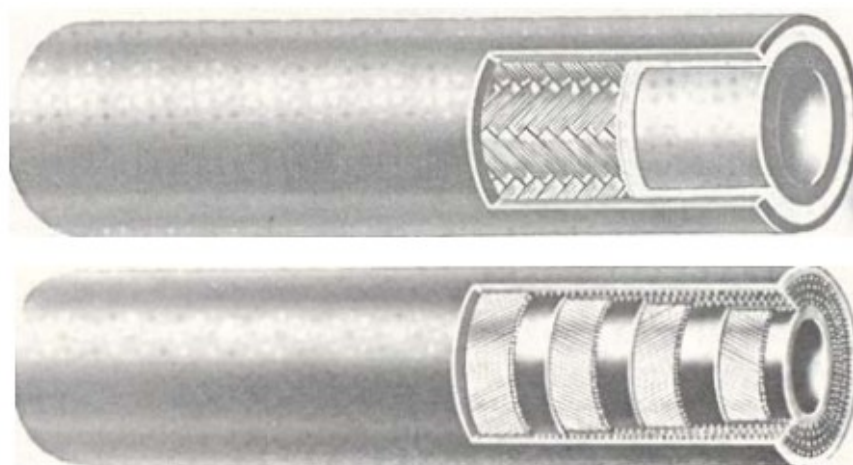
Vytlačování trubek

Obr. 2. 3 Příklad linky pro vytlačování [3]

2.3 Oplet, výztuž

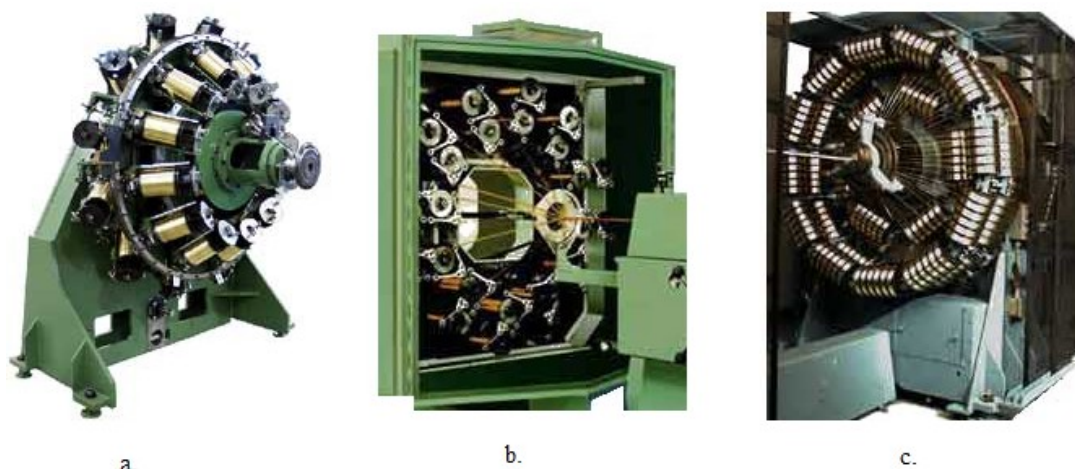
Oplet je navrhován tak, aby hydraulická hadice zvládla pracovní tlak. Je to největší zpevnění hadice. V závislosti na velikosti tlaku v systému, velikosti a účelu hadice se pak oplet může produkovat z přírodních vláken, ocelových drátů nebo jiných materiálů. V hydraulických hadicích se nejčastěji setkáváme s drátěným opletem. Čím větší pracovní tlak, tím má hadice více opletových řad. Můžeme mít i 6 zpevňovacích opletů na jedné hadici. Mezi oplety se pak vkládá tzv. meziguma. Má za úkol oddělit jednotlivé oplety od sebe, vyplnit mezery a zabránit opotřebení drátů vlivem abraze. Vyrábí se podobně jako duše, vytlačováním. "

První pletací stroje se objevily ve Francii a Německu začátkem 19. století pro pletení lan a textilií. První stroje přizpůsobené pro oplet na hadice se objevily v Americe na začátku 20. století, jak uvádí v knize Hose Handbook [4]. Oplet jako takový může být ve dvou různých provedeních. V jednom případě se dráty kříží a v druhém namotají.



Obr. 2. 4 Křížený oplet (nahore), ovinutý oplet (dole) [4]

Pro výrobu opletu kříženého jsou stroje fungující na dvou různých principech. Výsledný oplet je ale v obou případech naprosto stejný. Pro navinutý oplet se používá třetí typ stroje, viz obr. 2.5. Vysvětlovat principy není v rámci mé bakalářské práce podstatné.

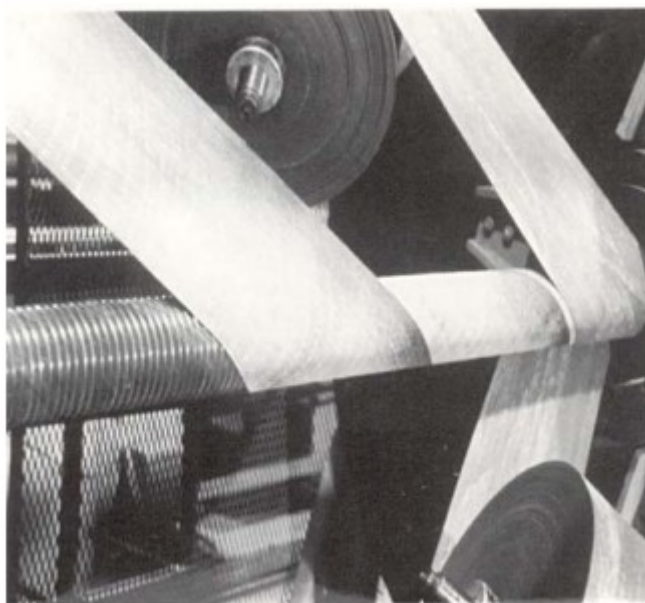


Obr. 2. 5 a. Rotary braiding, b. Maypole braiding, c. Systém ovinutí [5]

Před samotným opletáním je potřeba oplétací drát převinout z cívky od dodavatele na cívku určenou pro oplétací stroj. Tato operace se nazývá cívkování.

2.4 Obal hydraulické hadice

Hlavní funkce obalu je ochránit hadici před nežádoucími vlivy jak mechanickými, teplotními tak i chemickým. Důležitá je ochrana ocelového opletu, jenž může korodovat a tím ztrácet svou pevnostní funkci. Z důvodu různého druhu použití hadic, jsou obaly vyráběny s různými vlastnostmi. Výroba obalu probíhá obdobně jako u duše a mezigumy. Často je vytlačován na pásy požadované tloušťky a šířky. Následně je na hydraulické hadice namotáván, viz obr. 2.6. Jelikož je obal vystavený jinému prostředí než duše, jeho směs není totožná a musí se lišit.

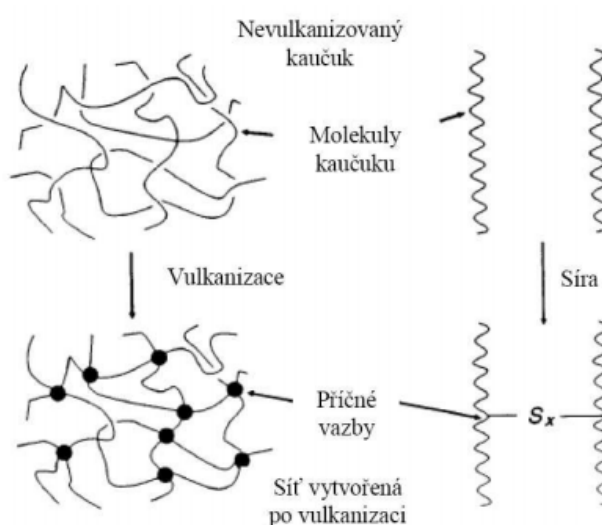


Obr. 2. 6 Namotávání obalu na hadici [4]

2.5 Vulkanizace

Vulkanizace je fyzikálně-chemický děj, při kterém se pryžový produkt mění z plastického na elastický materiál. Vznikají příčné vazby (prostorová síť) mezi řetězci kaučukových molekul, jak je popsáno v diplomové práci Miroslava Hlavy [6]. Tento elastický materiál se nazývá vulkanizát. Po vulkanizaci se stává mnohem pevnější a má tendenci se vracet do původního tvaru po tvarové deformaci.

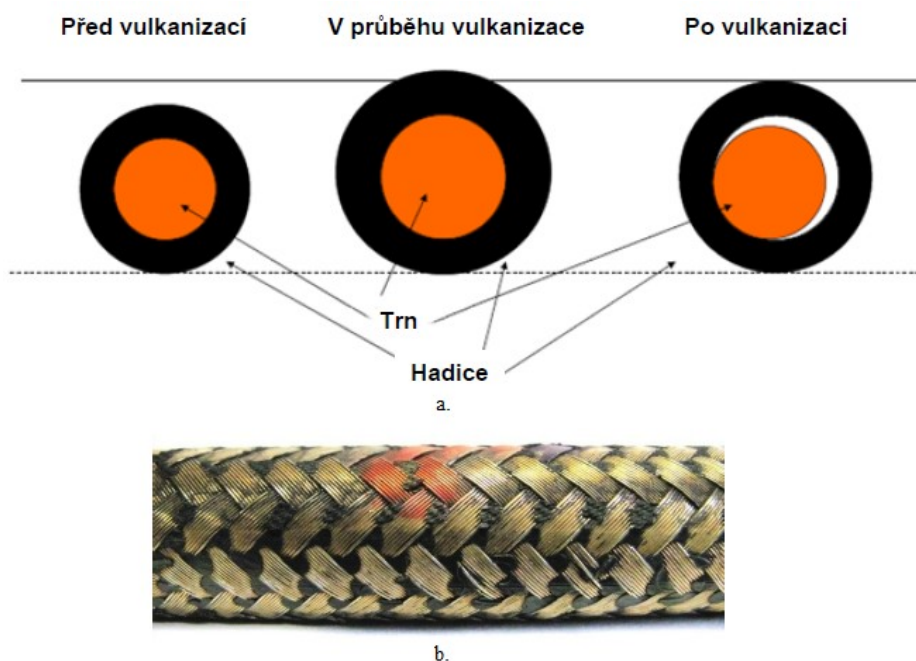
Prostorová síť vzniklá vlivem vulkanizace, viz obr. 2. 7, se nazývá zesíťování.



Obr. 2. 7 Tvoření sítě při vulkanizaci [6]

Zesíťováním dojde k zamezení volného pohybu molekul v pryži. To je právě změna z plastického stavu na elastický. Materiál se nelepí, zpěvňuje se a zvyšuje se odolnost proti trvalé deformaci. To jsou hlavní důvody vulkanizace hydraulických hadic.

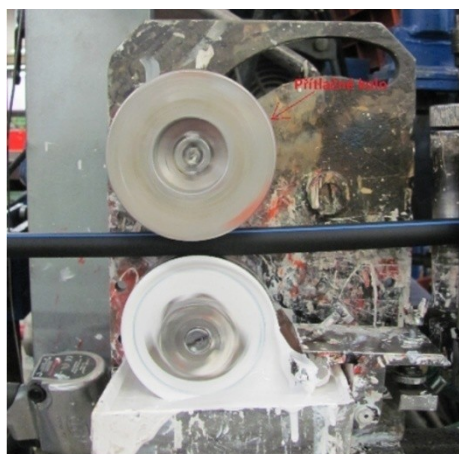
Před vulkanizací je potřeba hadici obalit do polyamidové pásky. Tato část vulkanizace se nazývá bandažování. To nám zajišťuje tlak mezi vrstvami vlivem tepelné roztažnosti trnu, viz obr. 2. 8 a., a zvyšuje stabilitu konstrukce během vulkanizace. Rozšíření trnu vlivem teploty taky zapříčiní přetlačení duše přes oplet, viz obr. 2. 8 b. Mezi bandáž a povrch hadice je vložena páska pro označení typu hadice, její max. pracovní tlak a jiné informace.



Obr. 2. 8 a. Tepelná roztažnost trnu. b. Přetlačení duše přes oplet [7]

Po skončení vulkanizace a ochlazení materiálu se trn vrátí do své původní velikosti, kdežto hydraulická hadice svůj průměr zvětšila. Tím je možno trn vytlačit z hadice. Vytlačuje se vstřikováním vody pod vysokým tlakem. Potom se hadice se odbalí z bandáže (debandážování). Trn i bandáž je možno použít znovu, jsou-li v pořádku.

Někteří producenti hadic si ještě zvolili dodatkové značení hadice v podobě barevného pásky po celé délce hadice. Je takto snadno rozpoznatelná i po delším používání, viz obr. 2.9.



Obr. 2. 9 Značkovač pásku na hydraulickou hadici

2.6 Testování hadic

Po ukončení výrobního procesu je třeba hadice důkladně otestovat. Na zkoušení hadic jsou vyvinuty speciální stroje. Testuje se statickým i pulzním tlakem. Hlavní parametry testů jsou: maximální zkušební tlak (2,4 násobek pracovního tlaku) a zatížení statickým tlakem (2násobek pracovního tlaku) po dobu 25 sekund. Poslední kontrolou je proměření průměrů, excentricita a oválnost. Názorně jsem se s problémem testování hadic seznámil na propagačním videu společnosti SEMPERFLEX.

2.7 Armování hadic

Po dokončení výroby samostatné hadice je třeba hadici připravit pro zapojení do hydraulického systému. K tomu slouží doplňkové produkty jako jsou spojky, koncovky aj. Většina firem vyrábějících hydraulické hadice poskytuje i kompletní servis doplňků a strojů pro finální dokončení hydraulické hadice. Hadice je třeba nařezat na požadovanou délku řezačkou, viz obr. 2. 10. Při řezání je hadice díky dvěma nastavitelným čepům ohnuta a nedochází tak k zbytečnému namáhání opletu i pryže hadice.



Obr. 2. 10 Řezačka hadic [8]

Po nařezání je třeba hadici osadit koncovkami. Některé hadice je třeba zbavit přebytečného obalu z důvodu nasazení koncovky. Na to se používají ořezávačky. Tato metoda je však náročnější a může dojít k poškození opletu.

Nasazenou spojku se pak zalisuje na hadici. K tomu slouží armovací lisy, viz obr. 2. 11. Můžou být elektrické, nebo ruční. Ve firmách, kde však výrobou hydraulických hadic na zakázku živí, mají elektrické. Výhodou je rychlost a přesnost. Zalisované koncovky je třeba proměřit, jestli odpovídají tolerancím. Koncovka nesmí být nedolisovaná. Nedolisovaná koncovka nemá požadované těsnící vlastnosti. Může to mít fatální následky i na zdraví pracovníků. Hadice může z nedolisované koncovky, pod vlivem tlaku, vystřelit. Přelisoování koncovky je taky nebezpečné, jelikož byla narušena pevnost opletu.



Obr. 2. 11 Armovací lis FNN-POWER [9]

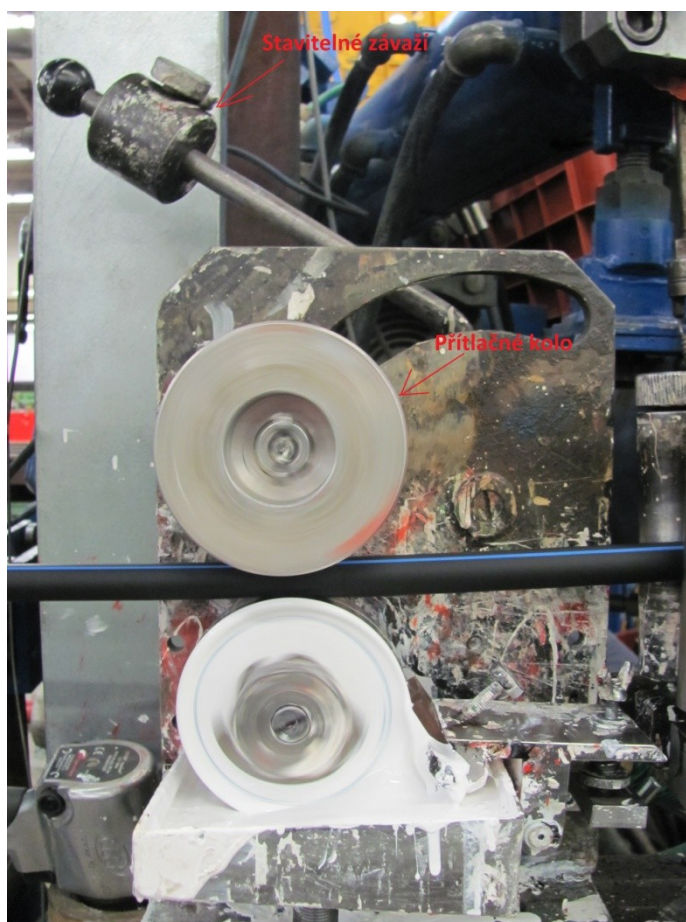
Po nalisování koncovek je třeba hadici vyčistit od řezání a dalších nečistot. Používá se většinou stlačený vzduch.

Takto skompletována hadice je hotová pro použití v hydraulickém systému.

3. Rozbor možností provedení přitlaku tiskového kola pro značení hadic

3.1 Popis řešeného problému

Výše jsem se zmínil o jednom z kroků výroby hydraulických hadic, kterým je jejich značení. V mé práci se budu zabývat přitlakem pro barevné označování na hotovou hadici ve formě pásku. Pro tento účel je vytvořen jednoduchý mechanismus, viz obr. 3. 1. Skládá se z jednoho kotouče nanášejícího barvu a druhého kotouče produkujícího potřebnou přitlačnou sílu. V současnosti je přitlak tohoto kola nastavován manuálně přesunem závaží, viz obr. 3. 1. Přesunem závaží se mění přitlačná síla podle průměru potiskované hadice.



Obr. 3. 1 Mechanismus přitlaku potiskovače hadic

Podle zadání, kde síla přitlaku má být rozdělená na deset úrovní od 0N do 100N, je nejlepší volbou právě použití pneumatického mechanismu. Pneumatický mechanismus se bude ovládat elektricky. Nejdříve bude jedním elektrickým signálem přiveden vzduch do mechanismu. Následně spojitým signálem od 0V až do 10V se bude regulovat velikost přitlačné síly. Zdvih přitlačného kotouče by měl být minimálně 50mm. Při signálu 0V pro přitlačnou sílu je podmínka, aby kotouč zaujal horní polohu z důvodu snadného zavedení hadice do linky.

3.2 Typy pohonů pro řešení přitlaku kotouče

Konečným prvkem pro přenos přitlačné síly bude pneumatický motor, který využívá tlakovou energii stlačeného vzduchu. Pro dané řešení se budu zabývat dvěma způsoby realizace. Jeden způsob bude s přímočarým pneumatickým motorem a druhý s pneumatickým motorem s kývavým pohybem. Postupně se budu zabývat jejich konstrukcí, využitím, výhodami a pak aplikací na samotný přitlačný kotouč.

3.2.1 Přímočarý motor s pístnicí

Přímočaré pneumatické motory se dělí podle různých parametrů. Základní dvě kategorie jsou však:

a) Pístnicové a bezpístnicové motory

Posuvný pohyb u bezpístnicového válce „se nepřenáší pístnicí, ale buď pružným kovovým páskem spojeným s unášecí přírubou, nebo působením uzavřeného magnetického pole permanentních magnetů, umístěných v pohyblivém pístu a unášecím kroužku“ [10]

b) Jednočinné a dvojčinné motory

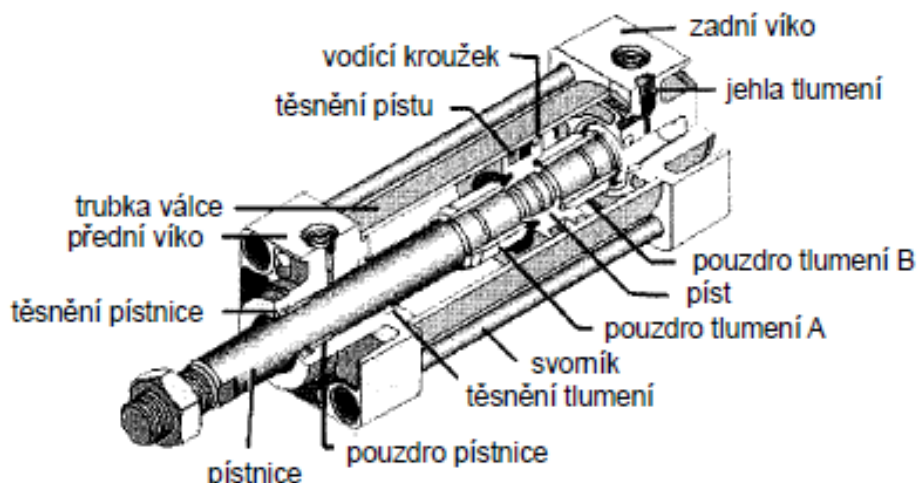
Stlačený vzduch se do jednočinného motoru přivádí pouze jedním vstupem. Do původní polohy se motor dostane použitím pružiny v motoru. Dvojčinný motor má přívod stlačeného vzduchu dvěma vstupy.

Dále můžeme motory dělit podle použité pístnice- můžou být s průchozí pístnicí. Pístnice může mít různé tvary (oválné, hranaté) a tímto být zabezpečena proti pootočení (jeli to vyžadováno). Chceme-li zvětšit sílu, můžeme použít tandemové motory. Ty nám rovněž zajistí zvýšení tuhosti motoru s vedením. Možností je opravdu hodně, a proto je možné vyhovět široké škále požadavků.

Pro můj účel však bude nejjednodušší použít přímočarý pístnicový dvojčinný pneumatický motor.

3.2.1.1 Konstrukce

Jak jsem se již zmínil, pneumatické přímočaré motory mají značnou rozmanitost ve svých konstrukcích. Je to dáno hlavně tím, že jsou nejvíce používané prvky v pneumatických mechanismech. Můžou mít zdvih několik mm až několik metrů ve speciálních případech. Mezi jejich hlavní konstrukční části se řadí víka, píst s těsněním, pístnice a trubka válce.



Obr. 3. 2 Dvojčinný pneumatický válec [11]

Všechny funkční části válce jsou z důvodu zmenšení tření elektrochemicky vytvrzeny a vyleštěny.

a.) Pístnice

Její materiál je ocelová tyč s protikorozivní úpravou. Když chceme zabránit samovolnému pootočení pístnice, je třeba ji zajistit. Provádí se to různými způsoby. Můžeme použít externí vedení pístnice, nebo vícepístnicové motory. Dalším možným řešením je změna průřezu pístnice z klasického kruhového na oválný a někdy i hranatý. U hranatého průřezu se hůře dosahuje těsnosti.

b.) Víka

Jsou převážně z hliníku. Na trubku válce jsou víka našroubována nebo můžou být spojena stahovacími šrouby. U pneumatických válců s menšími průměry se může použít nerozebíratelný spoj.

c.) Trubka

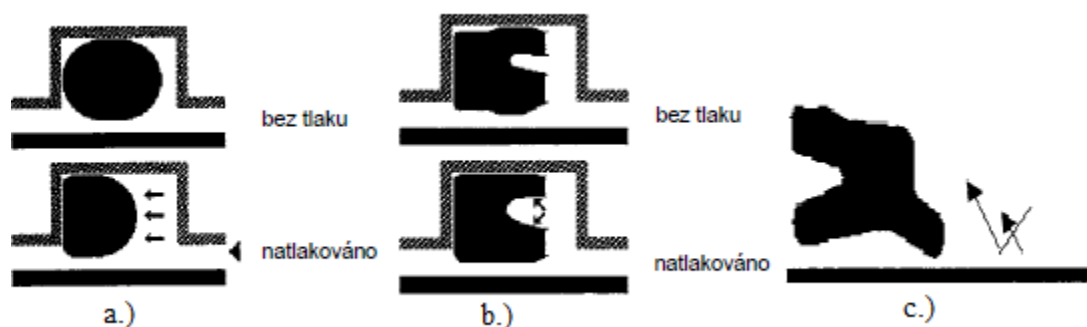
V ní se pohybuje píst. Je to bezešvá tezaná ocelová trubka s korozivzdornou úpravou. Často z hliníku nebo jeho slitin. Vnitřní opracování je velmi jemné.

d.) Píst

Jako materiál se rovněž používá hliník. Může to být výkovek, nebo odlitek. Pro malé průměry se často jako píst používá samotné těsnění. Tvar pístu nemusí být nutně kruhového tvaru. Vyrábí se i písty oválného průřezu.

e.) Těsnění

Je jednou z nejdůležitějších částí pro správnou funkci pneumatického mechanismu. Udrží tlak stlačeného vzduchu. U přímočarého motoru je těsnění na pístu a těsní se taky pístnice na víku. Tato těsnění se řadí mezi pohyblivá. Mají za úkol rovněž rozтіrat mazivo po válci. Těsnění pístnice taky zabraňuje vniku nečistot do válce.

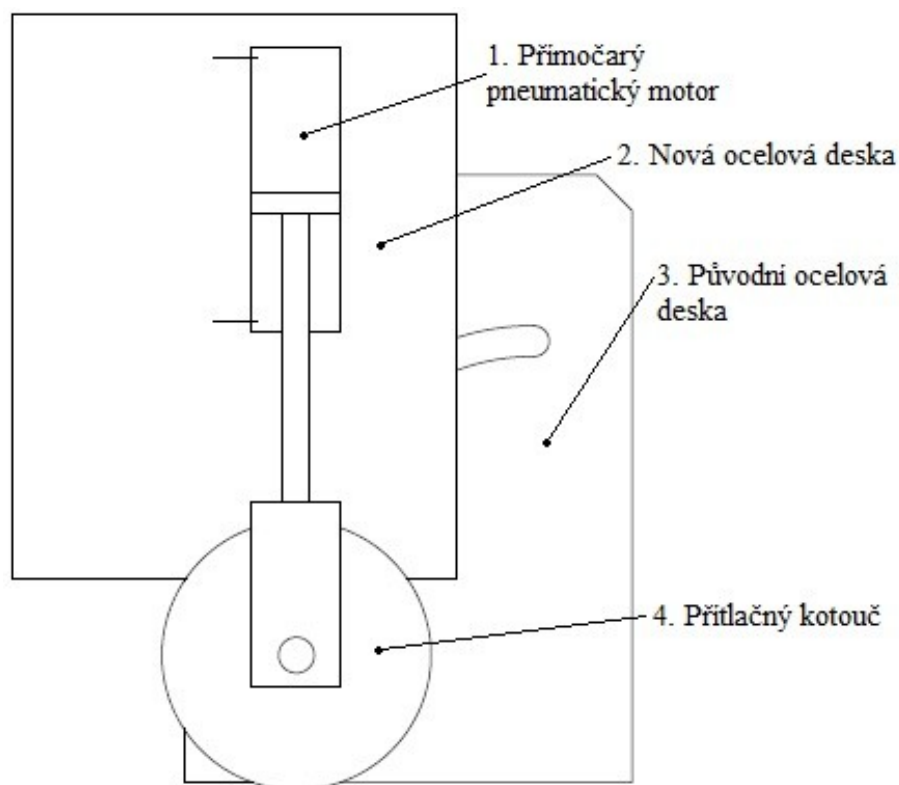


Obr. 3. 3.a.) Těsnící kroužek. b.) Těsnící manžeta. c) Manžeta se stírací hranou [11]

Pro těsnění pístu se používá buď kroužek, nebo pak z obou stran manžeta. Kroužek těsní v o obou směrech, kdežto manžeta pouze v jednom, podle toho, z které strany je přiváděn tlak. Manžeta se taky používá pro těsnění pístnice. Její průřez ale není totožný s průřezem manžety pístu. Má speciální stírací hranu, která zabraňuje vnikání nečistot, viz obr. 3. 4 c.

3.2.1.2 Aplikace přímočarého pneumatického motoru na přitlačný kotouč

Při nahrazení gravitačního přitlaku přímočarým motorem se budu snažit minimálně zasahovat do původní konstrukce. Páku, na které je nyní nastavitelné závaží, bych jednoduše vymontoval. Spolu s ní i přitlačný kotouč, spojený ramenem s ložiskem k ohnuté tyči. Ocelovou desku, ve které je vyfrézována drážka pro kyvný pohyb přitlačného kotouče, bych nechal na svém místě, viz obr. 3. 4, pozice 3. Využil bych ji jako podklad pro přišroubování (navaření) další ocelové desky, která by sloužila pro uchycení pneumatického přímočarého motoru, viz obr. 3. 4, pozice 1 a 2. Určení rozměrů desky není součástí tohoto bodu bakalářské práce. Při namontování pneumatického přímočarého motoru musíme dodržet požadavky maximálního zdvihu. Pneumatický motor namontujeme proto v požadované výšce vertikálně nad osu potiskovacího kotouče pístnicí směrem dolů. Zajištění pneumatického motoru proti ohybu (ve směru pohybu hadice) a protočení pístnice nám zaručí správně zvolený pneumatický motor. Po zapojení pneumatického motoru do systému musíme nejdříve mechanismus vyzkoušet. Budou-li všechny věci fungovat správně, je možno ho zařadit do zkušebního provozu.



Obr. 3. 4 Konstrukční řešení přítlačného kotouče s přímochárým pneumatickým motorem

3.2.2 Kyvný pneumatický motor

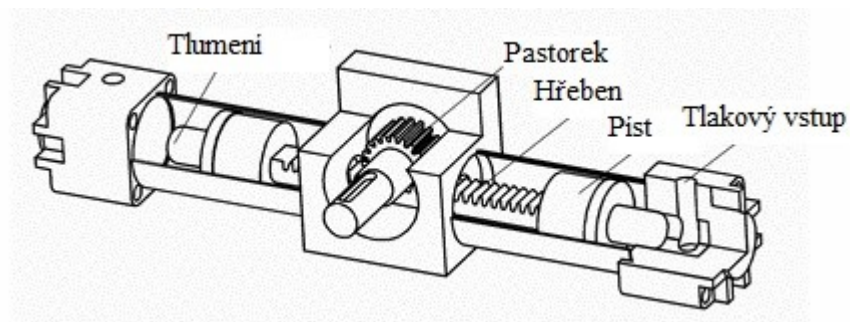
Ačkoli jsou v pneumatických mechanismech nejčastěji používané přímocharé pneumatické motory, jsou situace, kdy potřebujeme použít pohyb rotační do 360° . Pro tyto účely se používají pneumatické motory s kývavým pohybem.

3.2.2.1 Základní konstrukce kyvných pneumatických motorů

Obdobně jak u přímochárých pneumatických motorů, i zde se setkáváme s mnoha druhy konstrukce. Každá má své využití a možnosti v průmyslu. Rozdělení je však do dvou základních skupin.

a.) Pístové pneumatické motory pro kývavý pohyb

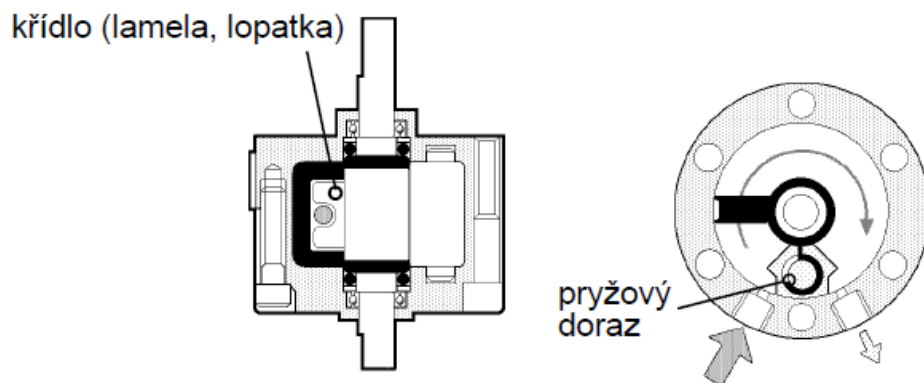
Typické pro pístové kyvné pneumatické motory jsou dva písty s lineárním pohybem a převodovka, která vytváří pohyb rotační s příslušným točivým momentem. Jednou z možností je použití ozubeného hřebenu a pastorku. Tento typ motoru je možný vyrábět i pro otočení o více, než 360° .



Obr. 3. 5 Řez pístovým kyvným pneumatickým motorem s hřebenem a pastorkem [12]

b.) Lamelový pneumatický motor s kývavým pohybem.

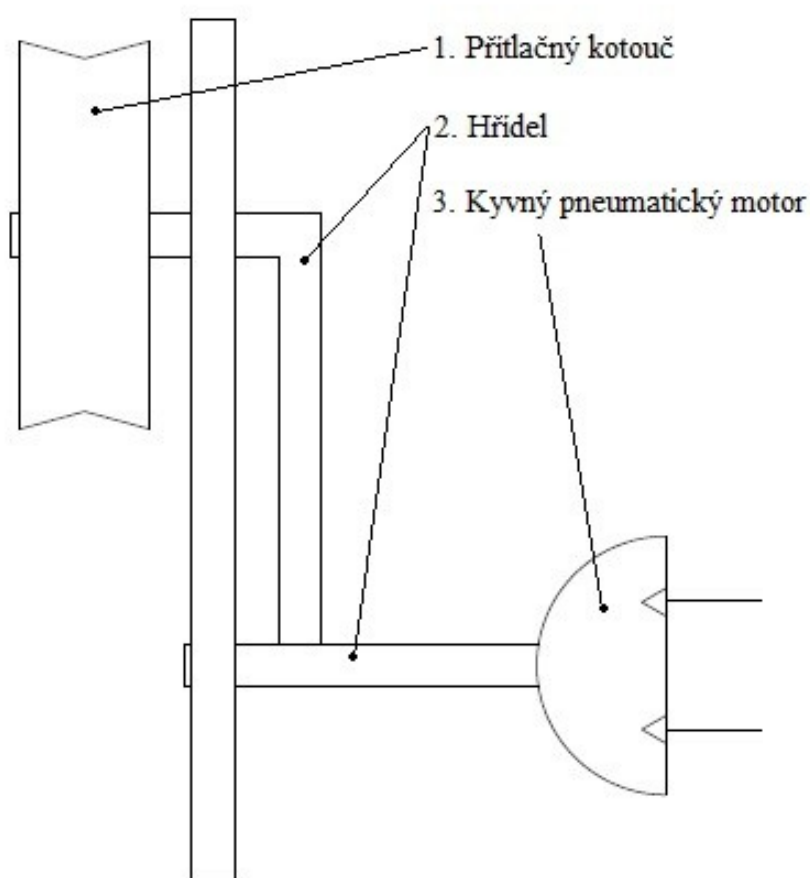
Lamelové (lopatkové, s křídlem) pneumatické motory mají úhel otočení až do 290° . Je to méně jak u pístových, mají zas jiné možnosti a výhody. Mezi ně patří např. jednoduchá výroba, krouticí moment se přenáší přímo na hnací hřídel a nepoužívají se převody mezi hnaným a hnacím členem. U lamelových pneumatických kyvných motorů je možnost zdvojnásobit krouticí moment použitím druhé lamely. Tím se nám zmenší úhel protočení a to maximálně o 120° .



Obr. 3. 6 Kyvný pneumatický motor s jednou lamelou a úhlem otočení 270° [11]

3.2.2.2 Aplikace pneumatického motoru s kývavým pohybem na přitlačný kotouč

Při řešení problému s kývným pneumatickým motorem bych rovněž odstranil páku s nastavitelným závažím. Drážka vyfrézovaná v desce nám jasně naznačuje kývavý pohyb. Proto s ocelovou deskou nebudeme nic dělat. Kývný pneumatický motor připevníme k hřídeli, na které byla připevněná páka se závažím. Tímto nahradíme rotační (kývný) pohyb páky se závažím kývným pneumatickým motorem.



Obr. 3. 7 Konstrukční řešení přitlaku kotouče s kývným pneumatickým motorem. Pohled shora

3.3 Porovnání řešení s přímočarým a kyvným motorem

Podle zadání jsem navrhnul dvě možná řešení přítlačného zařízení. U obou typů jsem se věnoval jejich základním konstrukčním provedení. Rovněž jsem teoreticky uvážil jejich aplikace na přítlačný kotouč. Oba případy jsem schematicky nakreslil, aby si čtenář dokázal dané řešení představit.

Beru-li jako parametr pro vhodnější použití jednoduchost montáže, volil bych možnost s kyvným pneumatickým motorem. Bohužel ze zadání bakalářské práce nejsem schopen určit detaily pro montáž kyvného pneumatického motoru. Jedním z limitujících parametrů může být místo, které je k dispozici za původní ocelovou deskou. Dalším problémem by mohlo být samotné upevnění kyvného pneumatického motoru v dané výšce a vzdálenosti, aby nedocházelo k namáhání hřídele kvůli nesouososti. Komplikovanější by byl i výpočet s kyvným pneumomotorem. V zadání je požadována přítlačná síly od 0 po 100N. S přímočarým motorem, kde pohyb pístnice je lineární, známe plochu pístu i požadovanou sílu přítlaku, je jednoduché určit potřebný tlak v systému. Tlak se bude regulovat velikostí řídicího signálu od 0 po 10V. U kyvného pneumomotoru by to bylo značně složitější. Musel bych nejprve na místě ocejchovat zařízení. Měřil bych požadovanou přítlačnou sílu a podle toho určoval velikost vstupního signálu.

I přes konstrukčně složitější montáž přímočarého pneumatického motoru je jeho aplikace z dlouhodobého hlediska výhodnější. Přímočarý pneumomotor bude snadno dostupný. To usnadní případné opravy. Zajištění proti pootočení a zesílení proti ohybu nám vyřeší volba pneumomotoru dvoupístového nebo s vedením. Tyto přímočaré pneumomotory mají již na konci pístnice zabudovanou desku. Ta nám usnadní další kroky připevnění přítlačného kotouče. Proto po teoretickém rozboru budu dále pokračovat s řešením přítlačného kotouče s přímočarým pneumatickým motorem.



Obr. 3. 8 Dvoupístový přímočarý pneumatický motor s vedením. [13]

4. Návrh přítlačného zařízení

V předešlé kapitole jsem shrnul dva konstrukční řešení pro daný problém. Došel jsem k závěru, že výhodnější řešení je s přímočarým pneumatickým motorem. Nyní následuje část, ve které se budu věnovat návrhu pneumatického obvodu a jeho prvků.

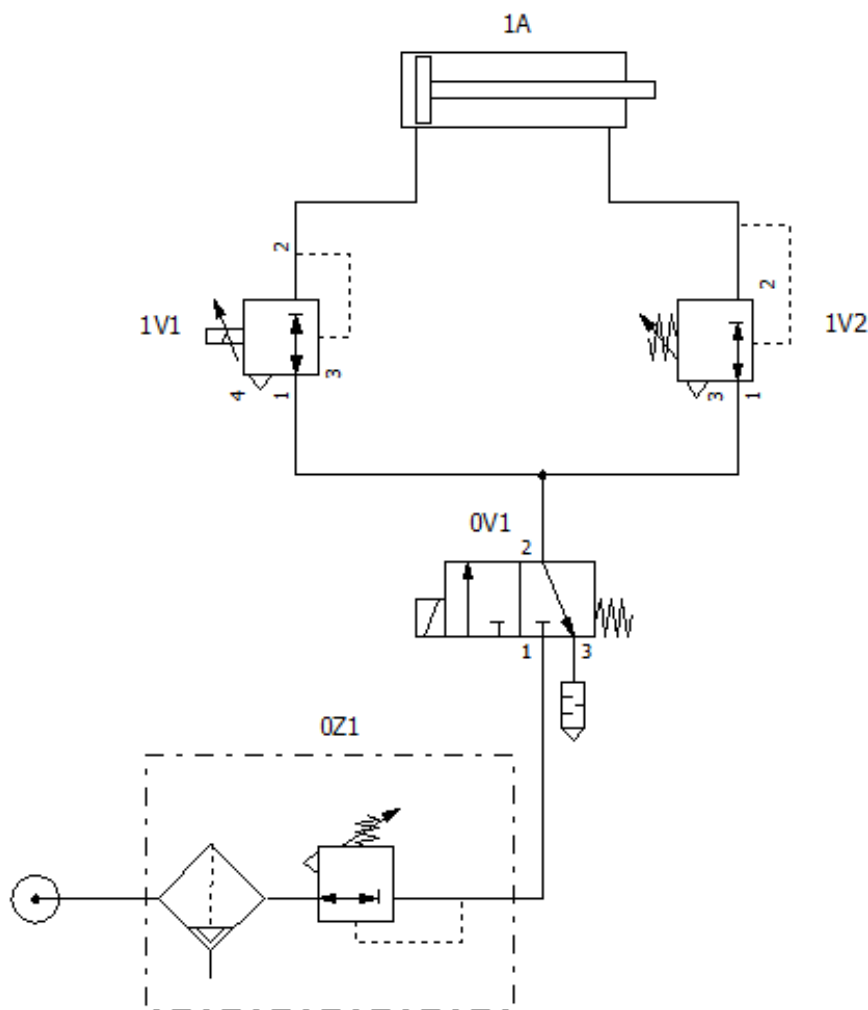
Připomenu hlavní požadavky na pneumatický obvod, jehož návrh budu zpracovávat. Potřebujeme nastavovat přítlačnou sílu od 0 do 100N krokem po 10N. Toho dosáhneme spojitým elektrickým signálem od 0 po 10V. Elektrický signál bude nastavovat proporcionální pneumatický ventil na požadovaný tlak, který vytváří přítlačnou sílu přímočarého pneumatického motoru. Musím taky brát v potaz zdvih kotouče, který je podle zadání minimálně 50mm. Další požadavek je, že při nulovém elektrickém signálu se přímočarý motor zasune do horní polohy z důvodu výměny hadice.

Mám základní údaje o prvcích a požadované funkci systému. A můžu postupně navrhovat jednotlivé prvky i s výpočty.

4.1 Schéma obvodu

Navržený obvod se skládá z jednotky pro úpravu vzduchu (0Z1) a následně čtyř prvků. První je elektricky řízený rozvaděč 3/2 (0V1). Po přivedení elektrického signálu pustí vzduch pod tlakem do systému. Následně jsou v systému dva redukční ventily. Jeden je proporcionální (1V1), který řídí přítlačnou sílu. Druhý redukční ventil (1V2) pouští do prostoru pístnice vzduch o menším tlaku a ten pak plní funkci vzduchové pružiny, aby se motor vrátil do horní polohy při nulovém elektrickém signálu na proporcionálním redukčním ventilu.

Pneumatický obvod bude řízen signály z řídicí jednotky, jejíž návrh není součástí práce, proto budou dále voleny pouze pneumatické prvky.



Obr. 4. 1 Schéma pneumatického obvodu

4.2 Výpočet a volba pneumatického motoru (A1)

Pro výpočet velikosti pneumomotoru budu vycházet z rovnice silové rovnováhy. Celková síla je součtem maximální síly pro přitlak, síly potřebné pro překonání pneumatické pružiny v prostoru pístnice a síly třecí. Pro třecí sílu použiju třecí součinitel α , který vyjadřuje procento přídatku na třecí sílu. Volím ho $\alpha=0,15$ [14]. Tato hodnota byla rovněž u příkladů na stránkách Katedry Hydromechaniky a hydraulických zařízení.

Předpokládám, že v systému bude vzduch pod tlakem 0,5 MPa (p_{system}), který bude působit na plochu pístu. V opačném směru bude na plochu mezikruží v prostoru pístnice působit tlak pneumatické pružiny $p_{\text{rv}}=0,2$ MPa. Toto komplikuje výpočet, protože zatím neznám průměr pístnice. Proto pro předběžný výpočet průměru válce vycházím

z předpokladu, že plochy pístu jsou stejné a zanedbávám pístnici. V tomto případě tedy mohu snížit tlak v systému o tlak pružiny a výsledná rovnice má tvar:

$$F_c = F_s + F_t \quad (1)$$

Po dosazení

$$\frac{\pi}{4} * D^2 * p_1 = F_s(1 + \alpha) \quad (2)$$

$$F_c = F_s + F_t = \frac{\pi}{4} * D^2 * p_1 = F_s(1 + \alpha) \quad (3)$$

kde tlak p_1 je rozdíl tlaku v systému a tlaku pružiny

$$p_1 = p_{\text{systém}} - p_{rv} = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ MPa} \quad (4)$$

Z rovnice 3 můžu vyjádřit vztah pro výpočet průměru pneumatického motoru.

$$D = \sqrt{\frac{4 * F_s * (1 + \alpha)}{\pi * p_1}} \quad (5)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 100 * (1 + 0,15)}{\pi * 3 * 10^5}} = \mathbf{0,02209 \text{ m}}$$

Nyní z katalogu určím typizovaný průměr a následně vypočítám skutečný tlak v obvodu pro sílu 100N. Volím pneumatický motor s vedením SMC. Jedná se o typ **MGPM25-75Z**.



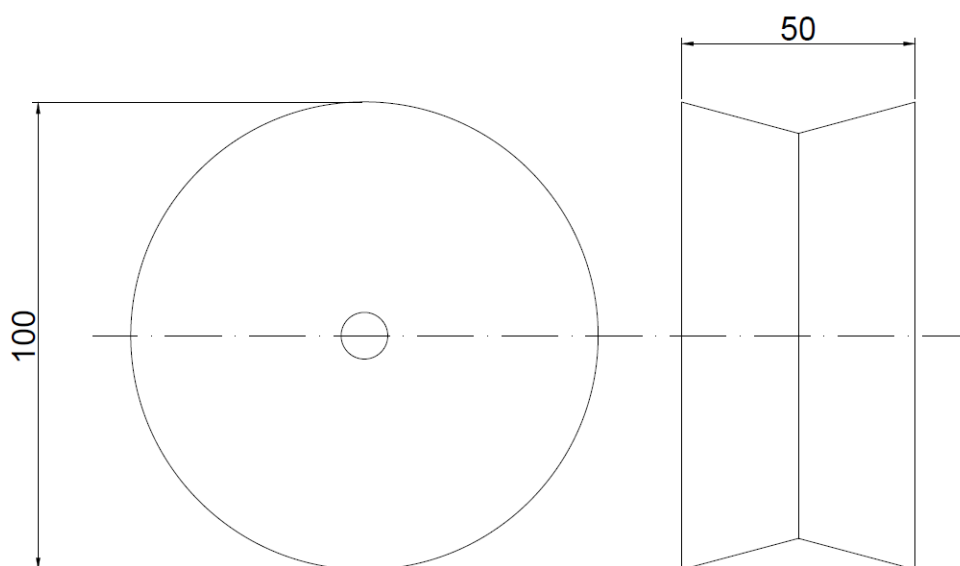
Obr. 4. 2 Pneumatický motor s vedením, typ MGP [15]

Průměr pístu je 25 mm, pístnice 10 mm a zdvih je 75 mm.

Nyní musím provést kontrolu, jestli tlak 0,2 MPa bude stačit pro zasunutí motoru do horní polohy. Musím vypočítat přibližnou hmotnost kotouče spolu s uchycením.

4.3 Výpočet hmotnosti přitlačného kotouče s uchycením

Předpokládám, že přitlačný kotouč bude z oceli. Základní rozměry jsem dostal od vedoucího bakalářské práce. S těmito hodnotami vypočítám jeho hmotnost.



Obr. 4. 3 Rozměry přitlačného kotouče

Při výpočtu hmotnosti kotouče zanedbám drážku pro vedení hadice i díru pro hřídel. Tyto rozměry nebyly součástí zadání bakalářské práce. Jako kompenzaci za tuto hmotnost můžu brát ložiska a hřídel. Uchycení přitlačného kotouče bude v podobě „U“ profilu, který na pneumatický motor přišroubuje.

$$D_{kot} = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$b_{kot} = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$$

$$\delta_{ocel} = 7850 \text{ kg} * \text{m}^{-3}$$

Z těchto hodnot vypočítáme objem a následně výslednou hmotnost přitlačného kotouče.

$$V_{kot} = \frac{\pi * D_{kot}^2}{4} * b_{kot} \quad (6)$$

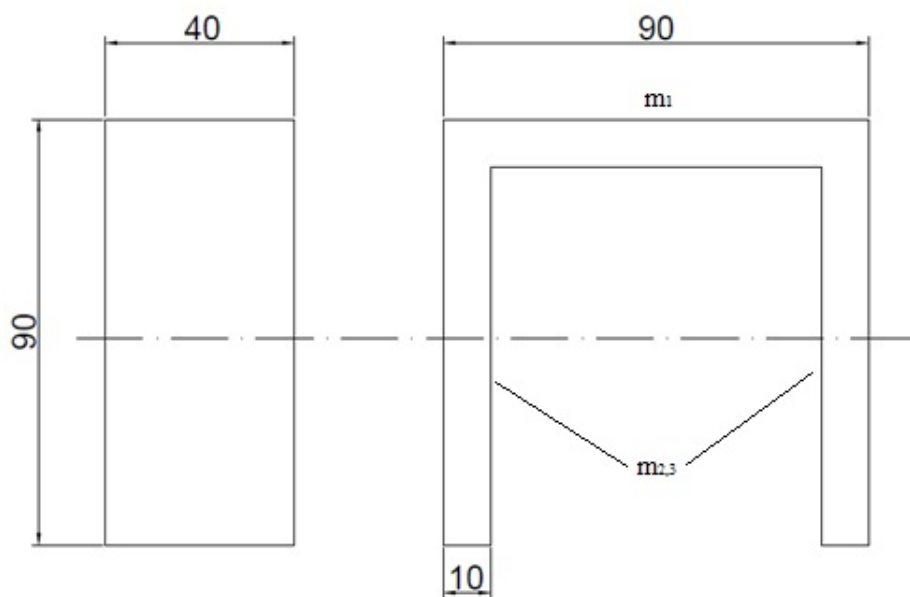
$$V_{kot} = \frac{\pi * 0,1^2}{4} * 0,05 = 3,926990817 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Objem jsem nezaokrouhloval, jelikož výsledná hmotnost byla pak o hodně menší. Nyní není problém vypočítat hmotnost.

$$m_{kot} = \delta_{ocel} * V_{kot} \quad (7)$$

$$m_{kot} = 7850 * 3,297 * 10^{-4} = \mathbf{3,0826 \text{ kg}}$$

Výsledná hmotnost přitlačného kotouče je tedy 3,1 kg. Nyní vypočítám přibližnou hmotnost uchopení přitlačného kotouče ve tvaru „U“ profilu. Jako materiál budu opět brát ocel.



Obr. 4. 4 "U" profil pro uchycení přitlačného kotouče

Pro výpočet hmotnosti si „U“ profil rozdělím na 3 části, které pak sečtu.

a) Výpočet horní část „U“ profilu, m_1 .

$$a_1 = 90 \text{ mm} = 0,09 \text{ m}$$

$$b_1 = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$$

$$c_1 = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$$

$$\delta_{ocel} = 7850 \text{ kg} * \text{m}^{-3}$$

Výpočet objemu pro horní část „U“ profilu.

$$V_1 = a_1 * b_1 * c_1 \quad (8)$$

$$V_1 = 0,09 * 0,04 * 0,01 = 3,6 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Výpočet hmotnosti m_1 .

$$m_1 = \delta_{ocel} * V_1 \quad (9)$$

$$m_1 = 7850 * 3,6 * 10^{-5} = 0,28 \text{ kg}$$

b) Výpočet bočních částí „U“ profilu, $m_{2,3}$.

$$a_{2,3} = 80 \text{ mm} = 0,08 \text{ m}$$

$$b_{2,3} = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$$

$$c_{2,3} = 10 \text{ mm} = 0,01 \text{ m}$$

$$\delta_{ocel} = 7850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Výpočet objemu $V_{2,3}$

$$V_{2,3} = a_{2,3} \cdot b_{2,3} \cdot c_{2,3}$$

$$V_{2,3} = 0,08 \cdot 0,04 \cdot 0,01 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Výpočet hmotnosti $m_{2,3}$.

$$m_{2,3} = \delta_{ocel} \cdot V_1$$

$$m_{2,3} = 7850 \cdot 3,2 \cdot 10^{-5} = 0,25 \text{ kg}$$

Celková hmotnost uchopení m_U přítlačného kotouče bude součtem všech částí.

$$m_U = m_1 + 2 \cdot m_{2,3}$$

$$m_U = 0,28 + 2 \cdot 0,25 = \mathbf{0,78 \text{ kg}}.$$

Sečtením m_{kot} a m_U dostaneme celkovou hmotnost, kterou bude muset pneumatický motor zvednout při zasouvání do horní polohy.

$$m_{celková} = m_U + m_{kot}$$

$$m_{celková} = 0,78 + 3,1 = \mathbf{3,88 \text{ kg}}$$

Nyní musím ověřit, jestli tlak 0,2 MPa, nastavený na redukčním ventilu (p_{rv}), bude dostatečný pro zvednutí přítlačného kotouče spolu s uchycením.

4.4 Kontrola zasunutí motoru do horní polohy

Vypočítám sílu, jakou působí přítlačný kotouč s uchycením. Tuto sílu musí překonat pneumatický motor při zasouvání.

$$F_{kot} = m_{celková} * g \quad (10)$$

$$F_{kot} = 3,88 * 9,81 = 38,1 \text{ N}$$

Dále, podle zvoleného průměru pístu, vypočítáme, podle rovnice 11, potřebný tlak pro zasunutí motoru se závažím. Tento tlak musí být menší než nastavený tlak 0,2 MPa na redukčním ventilu (1V2). Kontrolu provedu již se správnou plochou, jelikož znám průměr pístnice „d“.

$$d = 0,01 \text{ m}$$

$$p_{kot} = \frac{F_{kot} * (1 + \alpha) * 4}{\pi * (D^2 - d^2)} \quad (11)$$

$$p_{kot} = \frac{38,1 * (1 + 0,15) * 4}{\pi * (0,025^2 - 0,01^2)} = 106\,260 \text{ Pa} = 0,106 \text{ MPa}$$

$$p_{kot} < p_{rv}$$

$$\mathbf{0,106 \text{ MPa} < 0,2 \text{ MPa}}$$

Podmínka je splněna. Můžu přepočítat hodnoty tlaků pro danou přítlačnou sílu a volit další prvky obvodu.

Příklad výpočtu tlaku pro přítlačnou sílu 100 N. Aby výsledky byly správné, musím počítat i s tlakem, který působí proti přítlačné síle. Nyní to je možné, jelikož znám průměr pístnice.

$$p_{systém} = 0,5 \text{ MPa}$$

$$p_{rv} = 0,2 \text{ MPa}$$

$$p_1 = p_{systém} - p_{rv} = 0,5 - 0,2 = 0,3 \text{ MPa}$$

$$F_c = \frac{\pi * D^2}{4} * P_{systém} - \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * P_{rv} \quad (12)$$

Z rovnice 13 určím hodnotu tlaku pro danou přítlačnou sílu.

$$P_{systém} = \frac{F_c + \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * P_{rv}}{\frac{\pi * D^2}{4}} \quad (13)$$

Příklad výpočtu pro přítlačnou sílu 100 N.

$$P_{systém} = \frac{100 + \frac{\pi * (0,025^2 - 0,01^2)}{4} * 2 * 10^5}{\frac{\pi * 0,025^2}{4}} = 371\,718\,Pa$$

Tlak pro maximální přítlačnou sílu je menší než tlak v systému. Všechny hodnoty tlaků pro dané přítlačné síly jsou podrobně zobrazeny v tabulce 4.5-1.

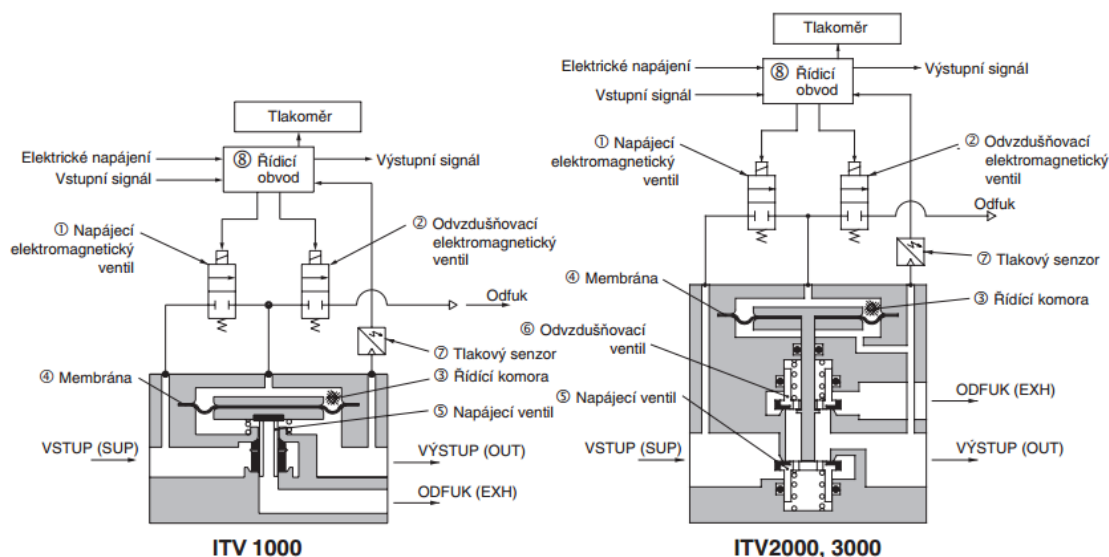
4.5 Volba proporcionálního pneumatického ventilu (1V1)

Aby bylo možné v systému spojitě řídit sílu přítlaku, je nutné regulovat tlak, který bude tlačit na píst ve válci a vytvářet potřebnou přítlačnou sílu. Elektropneumatické převodníky (E/P převodníky) převádí vstupní elektrický signál na tlak nebo objem protékajícího média. V dnešní době mají praktické využití v široké škále průmyslových oborů.

V mém případě budu pracovat s elektropneumatickým převodníkem s proporcionálním ventilem pro regulaci tlaku vzduchu. Princip funkce je zobrazen na obrázku 4.2. Jedná se o E/P převodníky spolčenosti SMC řada ITV1000.

Základní funkční princip

Pokud se zvyšuje vstupní signál, aktivuje se napájecí elektromagnetický ventil ① v napájecí tlakové větvi a odvzdušňovací elektromagnetický ventil ② se zavře. Napájecí tlak pronikne přes napájecí elektromagnetický ventil ① do řídicí komory ③, kde způsobí pohyb membrány ④ směrem dolů, a tím i otevření napájecího ventilu ⑤. Ten propustí vstupní tlak do výstupu. Výstupní tlak je snímán tlakovým senzorem ⑦ a z něj zpětnou vazbou přenášen do řídicího obvodu ⑧. Řídicí obvod pak porovnává vstupní signál se signálem, úměrným výstupnímu tlaku a zajišťuje, aby výstupní tlak odpovídal vstupnímu signálu.



Obr. 4. 5 Základní funkční princip E/P převodníku[16]

Volím E/P převodník společnosti SMC řada ITV 1000, typ **ITV103031F1N-Q**. Tento E/P převodník splňuje požadavky pro pracovní tlak v systému. Jedná se o napěťový E/P převodník se vstupním signálem od 0 až 10 V. Pracuje s 24V napájecím napětím.



Obr. 4. 6 Elektro-pneumatický převodník pro řízení tlaku řada ITV1000 [16]

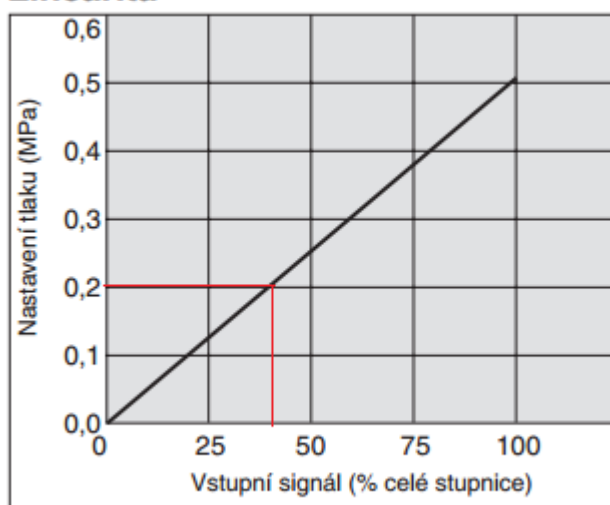
V tabulce je zobrazena přítlačná síla, tlak potřebný pro její dosažení. Kolonka „Procento“ vyjadřuje velikost vstupního signálu a napětí zobrazuje velikost vstupního signálu.

Přítlačná síla [N]	Hodnota tlaku [Pa]	Procento [%]	Napětí [V]
10	188371,8	36	3,6
20	208743,7	40	4
30	229115,5	44	4,4
40	249487,3	48	4,8
50	269859,2	52	5,2
60	290231	56	5,6
70	310602,8	60	6
80	330974,7	64	6,4
90	351346,5	68	6,8
100	371718,3	72	7,2

Tabulka 4.1 Tabulka hodnot tlaků pro přítlačné síly

Na obrázku 4.7 je zobrazena závislost tlaku na velikosti vstupního signálu. Jako příklad jsem do grafu znázornil procento vstupního signálu a hodnotu tlaku pro přítlačnou sílu 20 N. Můžu říci, že pro tuto přítlačnou sílu bude potřeba kolem 40% z 10V vstupního signálu. To je kolem 4 V.

Linearita



Obr. 4. 7 Linearita vstupního signálu pro ventil ITV103 [16]

Z obrázku 4. 7 jsem určil hodnoty napětí i pro další přítlačné síly. Jsou sepsány v tabulce 4.1.

4.6 Volba redukčního ventilu (1V2)

Aby se motor zasunul do horní polohy a bylo možné vyměnit hadici, je nutné do systému dát redukční ventil. Nastavený tlak je 0,2 MPa. Tento tlak je dostačující pro vrácení přítlačného kotouče spolu s uchycením do horní polohy.

Volím redukční ventil společnosti SMC, typ **AR10-M5G-1-A**. Je to nejmenší velikost, ale jelikož průtok tímto ventilem bude skoro nulový, nebude to mít na nic negativní vliv.



Obr. 4. 8 Redukční ventil typ AR [17]

4.7 Volba 3/2 elektricky řízeného rozvaděče (0V1)

Tento prvek má za úkol pustit stlačený vzduch do obvodu po přivedení elektrického signálu. Když elektrický signál nepřivedeme, obvod se odvzdušní.

Volím elektromagnetický přímo ovládaný 3/2 ventil ve standardním provedení. Je společnosti SMC a jedná se o řadu AV typ **EAV3000-F03-5YO-Q**. Normálně je uzavřený

a jmenovité napětí je 24V. Má speciální funkci s pozvolným náběhem. To znamená, že plný průtok do obvodu pustí až, když v obvodu bude požadovaný tlak.



Obr. 4. 9 Elektricky řízený 3/2 ventil řady V100 [18]

4.8 Volba jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu (0Z1)

Jelikož stlačený vzduch musí mít požadované vlastnosti, je třeba ho před puštěním do obvodu řádně zbavit vody a nečistot. Zvyšuje se tak spolehlivost obvodu. Pro tyto účely se vyrábějí jednotky pro úpravu stlačeného vzduchu. Můžou se skládat z různých prvků. V mém případě je to filtr s odlučovačem kondenzátu a redukční ventil. Jsou dostupné jako bloky.

Filtr může být vybaven ručním, poloautomatickým nebo automatickým odpouštěním kondenzátu. Redukční ventil má za úkol udržet v systému tlak, aby nepřekročil maximální zvolenou hodnotu. Plní bezpečnostní funkci.

Často je v jednotce pro úpravu stlačeného vzduchu rovněž maznice. Je to v situaci, kdy je potřeba vzduch obohatit o olejovou mlhu a promazávat prvky v obvodu.

Volím modulární jednotku úpravy stlačeného vzduchu společnosti SMC, typ **AC25B-02G-A**. Skládá se z filtru s odlučovačem kondenzátu a redukčního ventilu s manometrem. Na tuto jednotku jde snadno namontovat pouze sponkou 3/2 ventil.



Obr. 4. 10 Modulární jednotka úpravy stlačeného vzduchu AC [19]

4.9 Popis konstrukce přítlačného zařízení

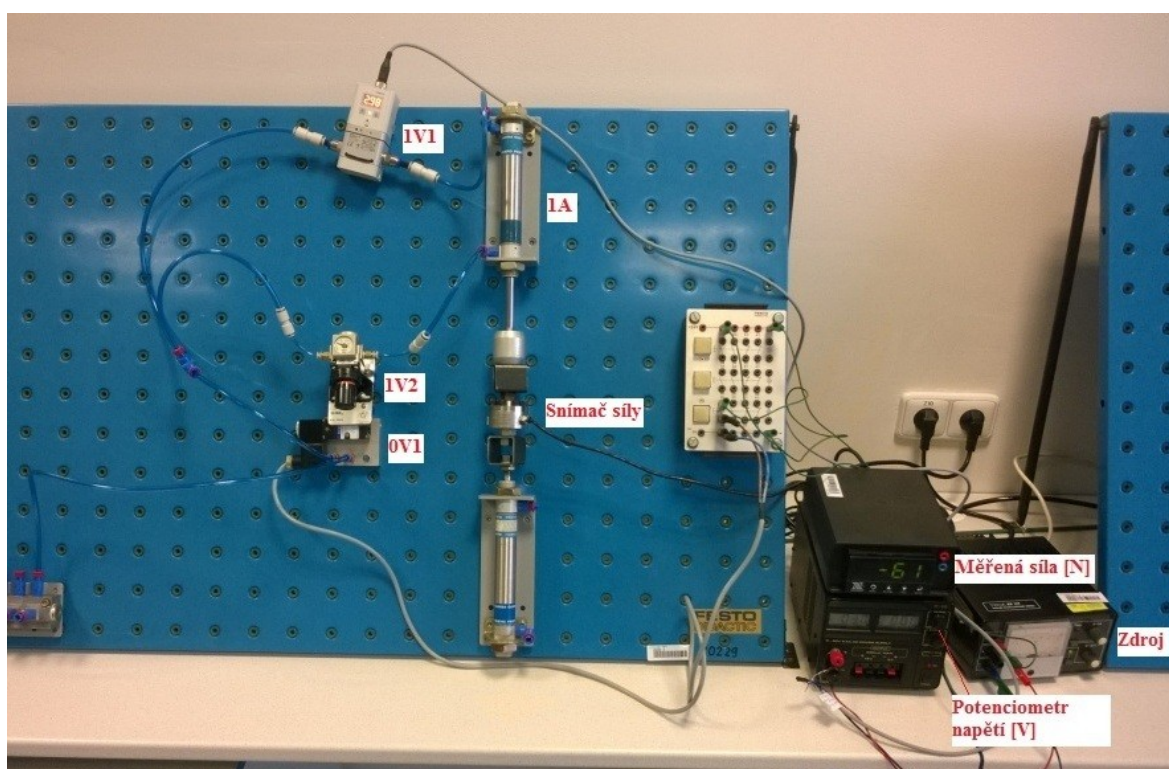
V příloze se nachází výkres, na kterém je zobrazeno přítlačné zařízení spolu s prvky. Motor bude připevněn na ocelovou desku pomocí distanční desky pro vymezení vzdálenosti. Ostatní prvky budou připevněny pomocí konzol zezadu k ocelové desce. Jednotka pro úpravu vzduchu bude z důvodu snadného, například kvůli výměně filtrační vložky otočena k obsluze. Tlak na redukčním ventilu jednotky bude nastaven na 0,5 MPa. Připevněná bude na „L“ profil, který bude přivařený na ocelovou desku.

Vzhledem k tomu, že při řešení bakalářské práce jsem neznal všechny rozměry, není řešena návaznost (upevnění) přítlačného zařízení ke stávající desce značkovače. Toto by mohlo být řešeno buď šroubovými, nebo svarovými spoji. Ze stejného důvodu, jako u upevnění desky, je i rozmístění prvků na upevňovací desce pouze přibližné a bylo by nutné rozmístění uzpůsobit podle reálné situace.

5. Praktické ověření funkčnosti navrženého obvodu

Abych se ujistil, že obvod byl navržený správně a plní funkce, jaké byly požadovány, bylo třeba ho sestavit a ověřit prakticky. Pro ověření funkčnosti jsem s vedoucím bakalářské práce sestavil obvod v laboratoři pneumatiky. Ačkoli jsme obvod nesestavili přesně z prvků, které jsem zvolil v bakalářské práci, nijak to neovlivnilo ověřování funkčnosti. V praktickém ověření šlo o zkoušku obvodu jako takového (jestli splňuje požadavky a má vlastnosti, které byly zadány), nikoliv o zkoušku s přesně zvolenými prvky.

Při zkoušení funkčnosti jsme k obvodu připojili i snímač síly přítlaku. To nám umožnilo podrobněji ověřit vlastnosti obvodu.



Obr. 5.1 Praktické zapojení navrženého obvodu

Na obrázku 5.1 je zapojený obvod. Není tam zobrazena pouze jednotka pro úpravu stlačeného vzduchu. Jinak je zde zobrazený 3/2 elektromagneticky ovládaný ventil (0V1), který pustí vzduch do obvodu. Dále tam je E/P převodník (1V1), který se ovládá potenciometrem. Podle toho, jaké napětí do E/P převodníku přivedeme, pod takovým tlakem pustí vzduch na píst motoru (1A) a vyvine danou přítlačnou sílu. Závislost tlaku a

napětí by měla být lineární. Redukční ventil 1V2 pak plní funkci pružiny pro vrácení motoru do horní polohy. Je nastaven na 0,2 MPa.

V tabulce 5.1 jsou zobrazeny 3 naměřené hodnoty. Měření jsme prováděli pouze pro kontrolu výpočtů v tabulce 4.1. V té je například uvedeno, že pro sílu 60 N je třeba tlak 0,29 MPa. Při praktickém ověření jsme pro sílu 62 N naměřili tlak 0,298 MPa a z toho plyne, že výpočty jsou v pořádku. Při tlaku 0,5 MPa lze dosáhnout maximální přitlačnou sílu 150 N.

	Tlak na E/P převodníku	Přítlačná síla
	[MPa]	[N]
1.	0,298	62
2.	0,395	105
3.	0,5	150

Tabulka 5.1 Naměřené hodnoty tlaku a přitlačné síly

Sestavený obvod splňoval požadavky a jeho funkčnost byla v pořádku. Přítlačná síla rostla lineárně s tlakem a napětím na E/P převodníku. Při nulovém elektrickém signálu na E/P převodníku (1V1) došlo k zasunutí motoru (1A). Funkce pružiny byla proto rovněž v pořádku a hadici na potiskovacím kotouči půjde bez problému vyměnit.

6. Závěr

Hydraulické hadice jsou nedílnou součástí hydraulických systémů. Jejich aplikace je v hodně případech nenahraditelná. Se zvětšujícími se nároky na bezpečnost se zvyšuje i kvalita hydraulických hadic a proces jejich výroby je čím dál složitější. Nesprávně vyrobená hydraulická hadice může ohrozit nejenom chod stroje, ale hlavně může ohrozit život pracovníka.

V bakalářské práci jsem na základě dostupné literatury popsal postup výroby hydraulických hadic. Zadáním mé bakalářské práce byl právě jeden z kroků při výrobě hydraulických hadic. Jedná se o jejich značení.

Při výměně starých hydraulických hadic za nové je většinou hodně těžké identifikovat, jaká hydraulická hadice byla použita. Přestože má hadice protiotěrovou ochranu, velmi často se stane, že se prodře až k ocelovému opletu. Lokální značení, které není po celé délce hadice, se může proto znehodnotit a stane se nečitelným. Aby se usnadnila identifikace hadic, mnohdy se značí po celé délce barevným páskem.

Nejdůležitějším bodem práce byla teoretická analýza řešení přitlaku kotouče a následně volba vhodnějšího řešení. Slovně i schematicky jsem navrhnul řešení přitlaku přímočarým i kyvným pneumatickým motorem. Bral jsem v potaz výhody i nevýhody obou typů řešení a došel jsem k závěru, že dále budu pokračovat v bakalářské práci s přímočarým pneumatickým motorem.

Po navržení obvodu jsem provedl volbu přímočarého motoru. Po kontrole, jestli tlak 0,2 MPa na redukčním ventilu bude dostačující pro zasunutí zvoleného motoru spolu s přítlačným kotoučem a jeho uchycením, jsem mohl volit další prvky systému a provádět výpočty přítlačné síly. Následně jsem určil hodnoty napětí pro E/P převodník aby byla dosažena potřebná přítlačná síla.

Dalším krokem bylo praktické ověření funkčnosti obvodu v laboratoři pneumatiky. Po zapojení obvodu jsme s vedoucím bakalářské práce otestovali vlastnosti obvodu a provedli krátké měření. Cílem měření byla kontrola výpočtů. Došli jsme k závěru, že výpočty jsou správně a obvod rovněž pracoval, jak bylo požadováno.

Nakonec jsem řešení přitlaku spolu se zvolenými prvky nakreslil na dispoziční výkres, který je v příloze.

7. Seznam použité literatury

1. Konstrukce Hadice. *SEMPERFLEX*. [online]. 2015 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: <http://www.semperflex.com/cs/prumyslove-hadice/technicke-informace/konstrukce-hadice/>
2. PLASTICS CAPITAL. *Plastic Mandrels* [online]. 2015 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: http://www.plasticcapital.com/bell_plastics.html
3. *Technologie II*. Technická univerzita Liberec- Fakulta strojní, Katedra tváření kovů a plastů [online]. [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/06.htm
4. *Hose Handbook*. Seventh Edition. Washington, D.C: THE RUBBER MANUFACTURERS ASSOCIATION, INC., 2003.
5. MAGNATECH INTERNETION, Inc. *Braiding, Spiral and Ancillary Equipment for the Hose Reinforcement Industry* [online]. [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.magnatech-int.com/>
6. HLAVA, Miroslav. *Vliv vulkanizačního systému na vlastnosti NBR a jeho adhezi ke kovu*. Zlín. 2009. Diplomová práce
7. JOSIEK, Robert. *Analýza stability odchylky odtahu při výrobě hydraulických hadic*. 2012. Diplomová Práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství.
8. Příslušenství. *HYTECH ČR spol s r.o.* [online]. 2010. vyd. [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://www.hytech.cz/produkty/nase-produkty/prislusenstvi/>
9. Armovací lis: FINN-POWER pro dílenské účely. *CANMET*. [online]. [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://www.canmet.eu/clanky/detail/lisy-pro-vyrobu-tlakovych-hadic-v-kusove-a-maloseriove-vyrobe.htm>
10. KOPÁČEK, Jaroslav. *Pneumatické mechanismy*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1996, v, 265 s. ISBN 80-7078-306-0.
11. KOLEKTIV AUTORŮ. SMC Training – *Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
12. BEATER, Peter. Semi-Rotary Actuators. *Pneumatic Drives: System Design, Modelling and Control*, 2007, 145-149.
13. Dual rod cylinder with guide fiction. *Katalog SMC* [online]. [cit. 2015-3-3]. Dostupné z: <http://content2.smctech.com/pdf/CXS.pdf>
14. Kopáček, J., Žáček, M. *Pneumatická zařízení strojů*, VŠB-TU Ostrava, 2007

15. Pohony s vedením. *Katalog SMC* [online]. 2015 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <https://content2.smcetech.com/pdf/MGP-Z.pdf>
16. Elektro-pneumatické převodníky. *Katalog SMC* [online]. 2010 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/ITV_CZ.pdf
17. Úprava stalčeného vzduchu, Regulátor tlaku. *Katalog SMC* [online]. 2010 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/AC-A-D_EU.pdf
18. Dvoustupňový ventil s pozvolným náběhem. *Katalog SMC* [online]. 2010 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/AV_CZ.pdf
19. Modular F.R.L Units. *Catalog SMC* [online] 2010 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: https://content2.smcetech.com/pdf/AC-A-D_EU.pdf

8. Seznam příloh

1. Dispoziční výkres zařízení